



■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VIRANSUON KUIVATUSVESIEN KEMIKALOINNIN JÄLKINEUT- RALOINTI

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma			
Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t)			
Niika Hämäläinen			
Työn nimi			
Viransuon kuivatusvesien kemikaloinnin jälkineutralointi			
Päiväys	22.3.2015	Sivumäärä/Liitteet	36
Ohjaaja(t)			
Vapo Group Oy Ulla Ranta, päätoiminen tuntiohjaaja Teemu Räsänen ja yliopettaja Pasi Pajula			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)			
Vapo Oy ja Kemira Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tässä opinnäytetyössä selvitettiin Viransuon turvetuotantoalueelle sopivaa neutralointilaitteistoa kemikaloitavesien neutralointiin, sekä tarkasteltiin neutralointilaitteiston toimintaa pH:n nostossa. Lisäksi tarkasteltiin millaisia vaikutuksia neutraloinnilla on vedestä mitattaviin parametreihin ja niiden pitoisuuksiin. Tärkeänä tekijänä neutraloinnissa ovat kustannukset, jotka laskettiin teoreettisesti.</p> <p>Happamuus on vesistöissämme ongelma, joka aiheuttaa luonnollisen elinympäristön muuttumista ja siksi veden eliöiden ja eläinten määrä voi vähentyä. Neutraloinnilla tarkoitetaan kaikkia toimenpiteitä, joilla pyritään nostamaan veden pH-arvoa ja puskurikapasiteettiä. Neutralointi voidaan toteuttaa usealla eri emäksisellä kemikaalilla, kuten lipeällä (NaOH), soodalla (Na₂CO₃), kalkin eri muodoilla, kuten sammutetulla kalkilla (Ca(OH)₂), sammuttamattomalla kalkilla (CaO), kalkkikivellä (CaCO₃), sekä dolomiitilla (MgCO₃). Opinnäytetyössä käytettiin neutralointikemikaalina 20-prosenttista lipeää. Emäksinen kemikaali neutraloi veden sisältämän hiilidioksidin bikarbonaatiksi nostamalla veden pH:ta. Soilta tulevat humuspitoiset vedet ovat usein luontaisesti happamia koska ne sisältävät humushappoja. Lisäksi työssä tarkasteltavalla alueella happamuutta lisää Viransuon kemiallinen vedenkäsittely, jossa turvetuotannon kuivatus- ja valumavedet puhdistetaan ferrisulfaattilla koagulaatio-flokkulaatioprosessissa. Tämän takia Vapo Oy:n Kangasjärven alueen Viransuolle alettiin kehittää työssä tarkasteltavaa neutralointilaitteistoa, jonka avulla turvetuotannosta tulevan veden vesistövaikutuksia voitaisiin vähentää Kangasjärvessä.</p> <p>Työssä saatujen tulosten perusteella lipeä toimii neutralointikemikaalina hyvin ja sillä on voimakkaasti neutraloiva vaikutus veteen. Neutraloinnin jälkeen havaittiin positiivisia muutoksia vedestä mitatuista parametreista. Neutraloinnin jälkeen vesinäytetuloksissa laskivat CODMn-, kokonaisfosfori- ja rautapitoisuudet ja pH nousi ylöspäin. Väri luku tosin oli korkeampi neutraloinnin jälkeen, mikä selittyy lipeän flokkeja hajottavasta vaikutuksesta. Työssä käytetty laitteisto tosin oli säädön osalta hieman puutteellinen, mikä aiheutti pH:n epävakaa pysymisen halutussa 5,9 pH-arvossa. Neutralointikoeajon tuloksia ja neutraloinnissa testattua laitteistoa voidaan hyödyntää myös kehitettäessä neutralointia muihinkin kohteisiin, kuten muille turvetuotantoalueille tai happamille luonnonvesille. Kemikaloinnin kustannukset vaihtelevat riippuen vuodesta todella paljon, koska alueella kemikaloitavien vesien määrä vaihtelee vuosittaisen sademäärän ja valunnan mukaan. Kustannuksiin vaikuttaa myös lipeän hinta, joka vahvistetaan Vapo Oy:lle kolmeksi kuukaudeksi kerrallaan.</p>			
Avainsanat			
neutralointi, pH:n säätö, lipeä, turvetuotanto, kemiallinen vedenkäsittely			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Niika Hämäläinen			
Title of Thesis Post-Neutralization of Chemical Treatment of Viransuo's Drainage Water			
Date	22 March 2015	Pages/Appendices	36
Supervisor(s) Mrs. Ulla Ranta, Vapo Oy, Mr. Teemu Räsänen, Lecturer and Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Vapo Oy and Kemira Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to look for a suitable neutralization unit for acidic chemically treated water in the Viransuo area and also to survey the functioning of the neutralization unit in increasing the level of pH. The thesis also studied what kind of effect neutralization has on measurable parameters in water and their contents. An important factor in neutralization are costs which were calculated theoretically.</p> <p>Acidity is a problem in the Finnish aquatic environment which causes the changing of the natural habitat and that is why the amount of water organism and animals can decrease. Neutralization means all the operations which are used to increase the level of the pH and buffer capacity. Neutralization can be done with many different alkaline chemicals like lye (NaOH), soda (Na₂CO₃), different forms of lime like slaked lime (Ca(OH)₂), unslaked lime (Ca(OH)₂), limestone (CaCO₃) and dolomite (MgCO₃). In this case the neutralization chemical was 20 % lye. Alkaline chemical neutralizes the carbon dioxide contained in the water to bicarbonate at the same time increasing the level of the pH. Humine waters of swamps are often naturally acidic because they contain humic acids. Also in this Viransuo area the acidity increases because of the chemical water treatment in Viransuo. The drainage and rain waters are cleaned with ferrisulphate in the coagulation – flocculation process which decreases the pH of the water. Because of that the development of a neutralization unit in Vapo Oy's Kangasjärvi region Viransuo was started. With this neutralization unit the hydrological effects of peat production water could be decreased.</p> <p>On the basis of the study lye works well as a neutralizing chemical and it has a strong neutralizing effect on the water. After neutralizing there were positive changes in parameters measured from the water. After neutralization the CODMn, total phosphorus, and total nitrogen percentages decreased in water samples and pH increased. Instead the colour number was higher after neutralizing which is explained by the destructive effect of the lye. The control of the neutralizing unit used in this study was inadequate which caused unstability of the pH level and pH did not always stay in the pH value of the 5.9. The results of the neutralization and neutralization unit tested in this thesis can be utilized when developing neutralization to other locations like other peat production areas or for naturally acidic waters. Chemicalization costs vary depending on the year very much because the amount of chemically treated waters vary depending on the annual rainfall and runoff. The price of lye affects also on the costs because the price of lye is confirmed three months at a time.</p>			
<p>Keywords</p> <p>neutralization, pH adjustment, lye, peat production, chemical water treatment</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TURVETUOTANTO JA SEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	7
2.1	Turvetuotanto Suomessa	7
2.2	Tuotantomäärät ja turvevarat	7
2.3	Tuotantomenetelmät	9
2.4	Turvetuotannon vaikutukset ympäristöön ja vesistövaikutukset	9
3	NEUTRALOINNIN TAUSTAT JA TEORIAA NEUTRALOINTIIN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ	12
3.1	Happamuus	12
3.2	Neutralointi	13
3.3	Neutralointi lipeällä	14
3.4	Lipeän ominaisuudet	15
3.5	Muut neutralointivaihtoehdot	15
3.6	Humus	16
3.7	Koagulaatio ja flokkulaatio	17
3.7.1	Koagulaation ja flokkulaation perusteet	17
3.7.2	Humuksen poiston koagulaatio ja flokkaus	17
3.7.3	Koagulantit	18
3.8	Vesianalyysien kohteet	18
3.8.1	pH	18
3.8.2	Kiintoaine	19
3.8.3	COD _{Mn}	19
3.8.4	Väri	19
3.8.5	Fosfori	19
3.8.6	Typpi	19
3.8.7	Sameus	20
3.8.8	Rauta	20
4	VIRANSUON TUTKIMUSALUE	21
4.1	Kangasjärven alue	21
4.2	Tutkimusalueen alapuolisen vesistön vedenlaatu	21
4.3	Viransuon turvetuotantoalue	21
4.3.1	Kemikalointiasema	23
4.3.2	Kemikalointiaseman rakenne	24

4.3.3	Toimintaperiaate	26
4.3.4	Viransuon vedenlaatu	26
5	VIRANSUON JÄLKINEUTRALOINTI	28
5.1	Neutraloinnin tavoite ja työn suoritus	28
5.2	Neutralointiasema	29
6	YHTEENVETO.....	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	34

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Vapo Oy:n kemiallisten vedenkäsittelyasemien kemikalointivesien neutraloinnin, eli pH:n nostamisen kehittämiseksi yhteistyössä Kemira Oy:n kanssa. Turvetuotannon kemiallisilta vedenkäsittelyasemilta purkautuvan veden pH on usein alhainen ja saattaa siten vastaanottavan vesistön tilasta riippuen vaatia jälkineutralointia esimerkiksi lipeän tai kalkin avulla. Vesistöjen happamoituminen aiheuttaa taas vesistön luonnollisen pH:n laskua ja täten luonnon eliöiden ja eläinten häviämistä, mikäli vesi on liian hapanta.

Tavoitteena työssä on testata ja kehittää toimivaa neutralointiratkaisua Viransuon kemialliselle vedenpuhdistamolle ja tarkastella sillä saatuja tuloksia veden pH:n nostamiseksi ja seurata sen vaikutuksia myös muihin vedestä mitattaviin parametreihin. Työstä saatuja tuloksia on tarkoitus hyödyntää kehitettäessä Vapo Oy:n muille kemiallisille vedenkäsittelyasemille neutralointimenetelmää. Aiemmin lipeällä neutralointia on testattu Vapo Oy:ssä esineutralointiperiaatteella, jossa lipeä syötettiin ennen koagulaatio ja flokkulaatioprosessia veden sekaan. Kyseinen kokeilu ei kuitenkaan antanut hyviä tuloksia. Lipeällä neutralointia ei ole aiemmin testattu Vapo Oy:ssä tässä työssä käsiteltävällä jälkineutralointiperiaatteella, joten neutralointikoeajo menetelmäksi valittiin lipeällä neutralointi. Valintaan vaikutti myös se, että lipeällä neutraloinnin arveltiin olevan kustannustehokkain menetelmä tähän tapaukseen.

Neutralointikoeajon kohteeksi valittiin Viransuo, jossa on tyypillinen hyvin toimiva kemiallinen vedenkäsittelyasema ja josta saatua tietoa neutraloinnin toimivuudesta voitaisiin hyödyntää muihinkin kohteisiin. Lisäksi paikallisten asukkaiden huoli alapuolisen Kangasjärven ja Höytiönlammen vedenlaadusta vaikutti paikan valintaan, koska neutraloinnilla saataisiin vähennettyä turvetuotannon vesien kuormitusta alapuolisiin vesistöihin. Varsinaista vaatimusta veden neutraloimiselle ei ympäristölupaehdoissa ole, mutta turvetuotannon vedet ovat huolestuttaneet vesistöjen käyttäjiä, joten neutralointi koettiin ajankohtaiseksi asiaksi kehittää. Viransuon kemialliselle vedenkäsittelyasemalle asennetaan neutralointilaitteisto Kemira Oy:n toimesta, jonka toimintaa tarkastellaan käyttökokemuksen ja mittauksien perusteella. Työ suoritettiin kesän 2014 aikana keräten dataa muunmuassa pH-kenttämittauksin ja viikottain noudettavien vesinäytteiden perusteella. Lisäksi työssä arvioitiin laitteiston kemikalointikustannukset laskelmallisesti, sekä tarkastellaan muita mahdollisia neutralointivaihtoehtoja.

Vapo Oy on moderni asiantuntijaorganisaatio, joka toimittaa energia-asiakkailleen turvetta ja puupolttoaineita ja tuottaa myös itse lämpöä ja sähköä näistä raaka-aineista. Vapo Oy tuottaa sen lisäksi myös sahatavaraa sekä puutarhatuotteita ja ympäristöliiketoimintaratkaisuja. Vapo Oy:n toiminta on alkanut 1940 polttopuista, jonka jälkeen se on käynnistänyt turvetuotannon 1970-luvulla. Vapo Oy on merkittävä alueellinen työllistäjä ympäri Suomen. Vuonna 2013 Vapolla työskenteli 1091 henkilöä. (Vapo.fi.)

2 TURVETUOTANTO JA SEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

2.1 Turvetuotanto Suomessa

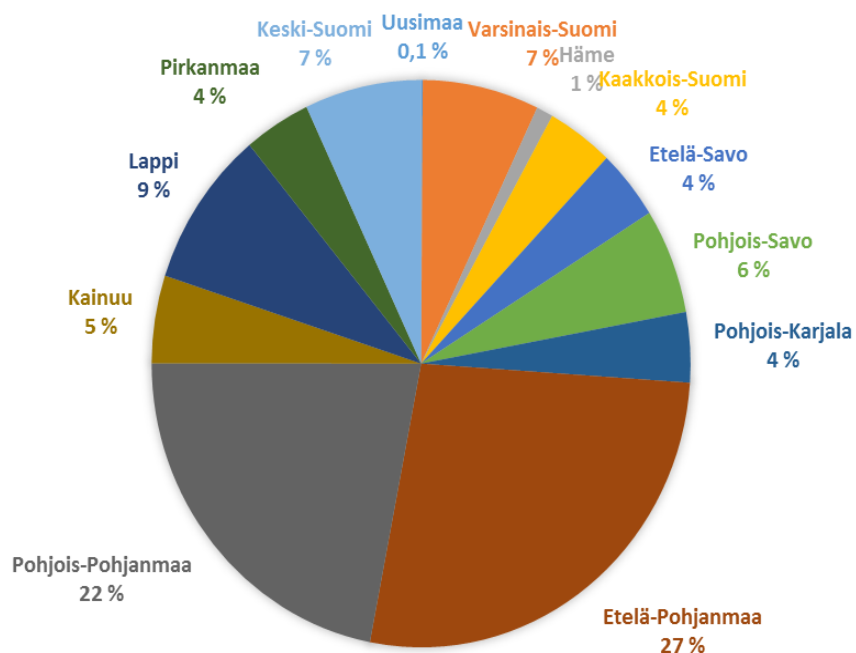
Suomessa tuotetaan turvetuotantoalueilla enimmäkseen jyrsin- ja palaturvetta, jota käytetään enimmäkseen energiantuotantoon. Turpeella tuotettu energia on Suomen kokonaiskulutuksesta vuosittain noin 6 - 7 % tuotanto- ja polttomäärien vaihtelun mukaan. (Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.) Tuotetusta turpeesta noin kymmenesosa käytetään muuhun, kuin energiakäyttöön. Muita käyttökohteita ovat muun muassa maatalous, jossa turvetta käytetään kuivike-, imeytys- ja kompostikäyttöön, jolla saadaan vähennettyä lannan typen haihtumista, hajuhaittoja sekä haitta-aineiden kulkeutumista vesistöön. Kasvuturvetta käytetään kasvien kasvualustana ja se on tällä hetkellä maailman käytetyin kasvualusta-aines. Lisäksi turvetta käytetään kylpy- ja hoitoturpeena, sekä öljynimeytyksessä. (Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.)

Turvetuotantoalueet ovat yleensä varsin pitkään tuotannossa. Yleinen käyttöikä turvesoille on keskimäärin 30 vuotta. Tämän jälkeen kun turvekerros on niin ohut, että tuotanto pitää lopettaa, voidaan alue ottaa muuhun maankäyttöön. Eri maankäyttömuotoja lopetetulle turvesuolle voivat olla esimerkiksi alueen muuttaminen pelloksi, kosteikoksi tai metsätalousalueeksi. (Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.) Turpeentuotanto on luvanvaraista toimintaa ja tuotannon aloittamiseen tarvitaan ympäristölupa. Energiakäyttöön tuoteltulla turpeella on monia etuja, kuten kotimaisuus, ympäristövaikutuksiin vaikuttaminen, huoltovarmuuden ja työllisyyden parantuminen ja muiden biopolttoaineiden käytön mahdollistuminen. Turvetuotanto ja sen käyttö myös työllistää paljon ihmisiä. Kokonaistyöllisyysvaikutus on noin 12 350 henkilötyövuotta. (Turpeen tuotanto ja käyttö 2010.)

2.2 Tuotantomäärät ja turvevarat

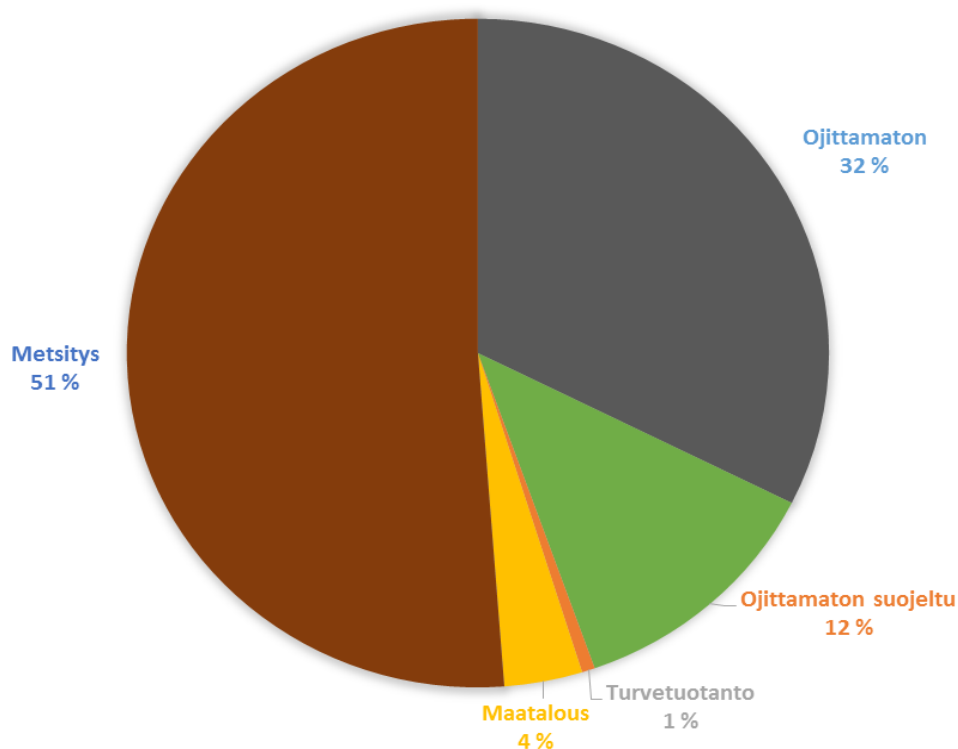
Tuotantomäärät vaihtelevat vuosittain hyvin paljon. Tuotantoon vaikuttavat markkinatilanne, sekä ennenkaikkea sääolosuhteet. Esimerkkinä tuotantomäärien vaihteluista, että vuonna 2004 turvetta tuotettiin yhteensä 12,5 miljoonaa m³ ja vuonna 2006 tuotantomäärä oli 39,7 miljoonaa m³. (Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas 2008). Turvetuotannossa olevia alueita oli Suomessa 65 000 ha vuonna 2011. Lähes puolet turvetuotannon pinta-alasta sijoittuu Pohjois- ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskusten alueelle (kuva1; Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.) Suomessa on suopinta-alaa noin 9,3 miljoonaa ha, joista ojittamattomien soiden pinta-ala on noin 4,8 miljoonaa ha. Turvetuotannon käytössä on noin 0,06 miljoonaa ha, joka on noin 0,6 % Suomen turvemaista (kuva 2; Turpeen tuotanto ja käyttö 2010.)

TURVETUOTANNON PINTA-ALAN JAKAUTUMINEN ELY-KESKUKSITTAIN VUONNA 2011



Kuva 1 Turvetuotannon jakautuminen Suomessa vuonna 2011 (muokattu lähteestä: Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013)

TURVEMAIDEN KÄYTTÖ SUOMESSA



Kuva 2 Turvemaiden käyttö Suomessa (muokattu lähteestä: Turpeen tuotanto ja käyttö 2010)

2.3 Tuotantomenetelmät

Jyrsinturpeentuotannossa ensimmäinen työvaihe on jyrsintä, jossa irroitetaan jyrsimellä turvekentstä tuotanto- ja haihduntaolosuhteiden mukaan sopiva määrä turvetta kuivumaan. Seuraavana työvaiheena on kääntäminen. Siinä jyrsittyä turvekerrosta käännetään ja saadaan turve kuivumaan paremmin aurinkoenergian ja tuulen avulla. Tavoitteena saada turpeelle mahdollisimman suuri haihduntapinta-ala, jotta kuivuminen tapahtuisi nopeasti. Kun turve on riittävän kuivaa ja tasalaatuista, karhetaan se karheajan avulla keräilyä varten, jonka jälkeen se kuormataan tarkasti ja tehokkaasti perävaunuun ja ajetaan varastoamaan. (Vapo 2013.)

Palaturpeen tuotanto tapahtuu samoin periaattein. Palaturve nostetaan kentälle palakoneella, joka nostaa, muokkaa, puristaa ja siirtää lieriömuotoiset turvepalat kentälle kuivumaan. Loput työvaiheet menevät samalla tavalla, kuin jyrsinturpeen tuotannossa, eli kääntäminen, karheaminen, kuormaaminen ja ajo varastoamaan. (Vapo 2013.)

2.4 Turvetuotannon vaikutukset ympäristöön ja vesistövaikutukset

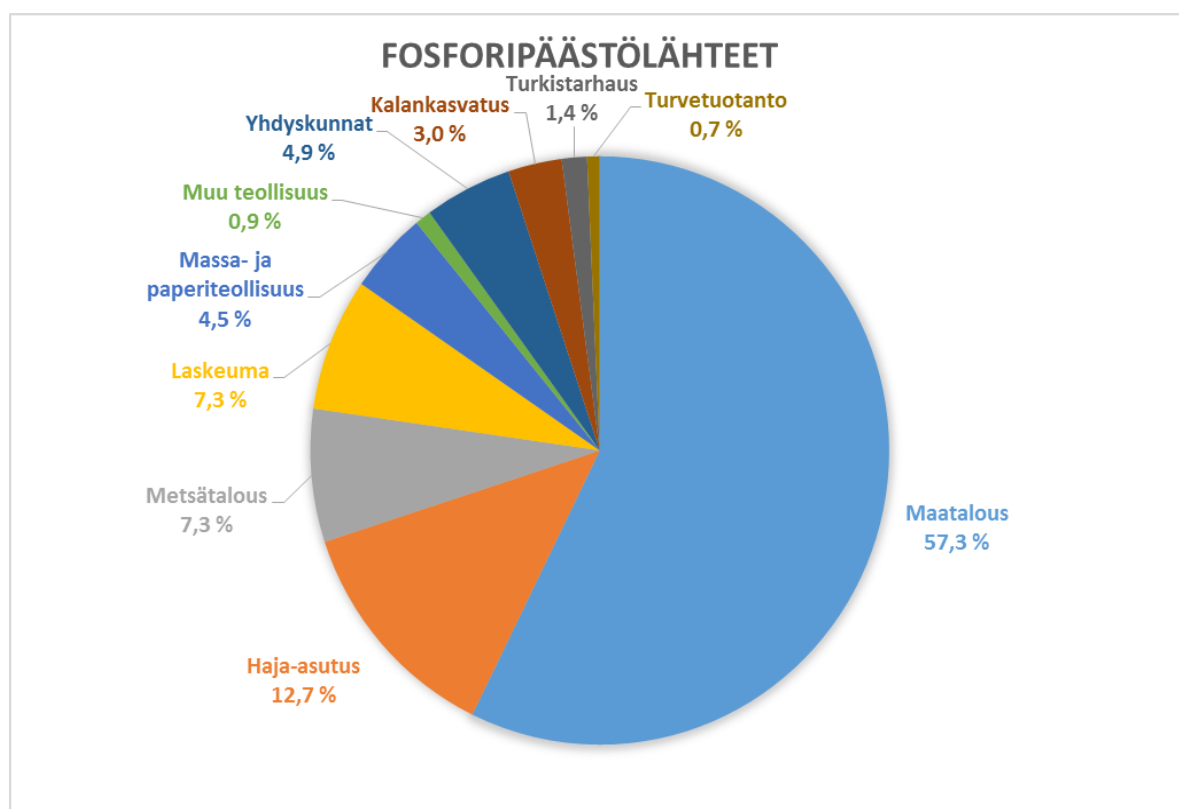
Suomessa olevista suotyypeistä aapasuot ja keidassuot ovat tyypillisesti soita, joilta tuotetaan turvetta. Turvetuotantoon parhaiten soveltuvat suot ovat paksuturpeisia soita, joilta riittää turvetta tuotettavaksi pidemmäksi aikaa (Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.) Turvetuotannon käyttämä maan pinta-ala on Suomessa pieni, siksi turvetuotannon ympäristövaikutukset ovat valtakunnallisesti pieniä. Ympäristövaikutukset ilmenevät pääasiassa paikallisina vesistökuormituksina sekä melu- ja pölyhaittoina. Muita vaikutuksia aiheutuu marjastukseen, metsästykseseen sekä poro- ja metsätalouteen suoalueella. (Turpeen tuotanto ja käyttö 2010.)

Turvetuotannon kuivatuksesta johtuen suon vesivarasto vähenee paljon. Ojituksesta johtuen alue ei enää toimi valunnan tasaajana ja luontaisena vesivarastona. Tulvahuiput voimistuvat ja toisaalta taas alivirtaamakaudet pitkittyy. Suurimmat hetkelliset ylivalumatilanteet esiintyvät usein kesän rankkasateiden yhteydessä, koska turvekentän kuiva pinta on heikosti vettä läpäisevää. Kuitenkin koko valuma-alueen tasolla soiden kuivatusvesistä aiheutuvat hydrologiset muutokset näyttävät tutkimustulosten mukaan olevan pienemmät, kuin tähän mennessä on ajateltu. (Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.)

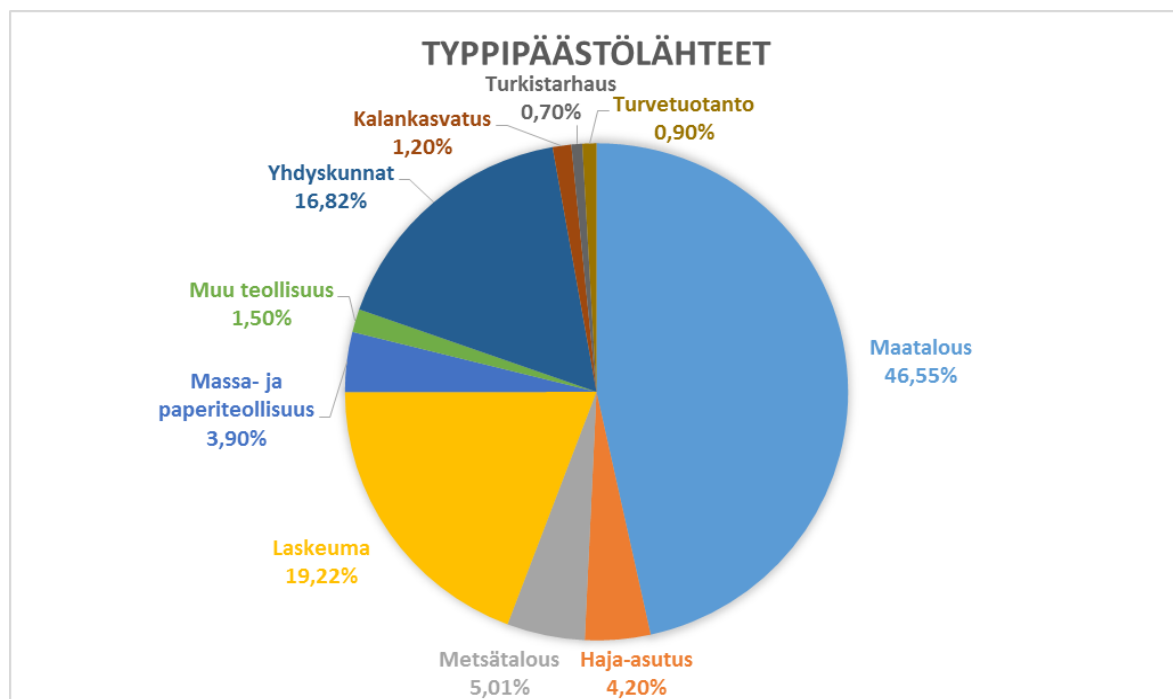
Turvetuotantoalueilta tulee vesistöihin kiintoainetta, ravinteita, humusta ja rautaa. Jossain tapauksissa myös humuksen rautapitoisuus voi lisääntyä. Kuormitus on suurimmillaan suurten virtaamien aikana ja erityisesti tulvien ja rankkasateiden aikana kiintoainehuuhtouma voi olla huomattavaa. Tuotantoalueiden kunnostuksen aikainen kuormitus on suurempaa, kuin tuotantoaikana. (Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.)

Turvetuotannon aiheuttama vesistökuormitus vaihtelee vuosittain ja vuodenajan mukaan. Myös alueen sijainnilla on vaikutusta kuormituksen määrään. Turvetuotantoalueet sijoittuvat usein alueelle, missä on laajaa suometsätaloutta, joka aiheutta samankaltaista kuormitusta vesistölle, kuin turve-

tuotannosta. Turvetuotannon osuus vesistöön tulevasta fosfori- ja typpikuormituksesta on valtakunnallisesti varsin pieni esimerkiksi maatalouteen verrattuna. Paikallisesti ja alueellisesti turvetuotannolla voi kuitenkin olla merkittäviä vaikutuksia vesistöjen tilaan. Turvetuotannosta aiheutuu kuormitusta erityisesti alueille, jossa turvetuotannon osuus on suuri valuma-alueen pinta-alasta. (Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013.) Turvetuotannon vaikutus kokonaiskuormitukseen typen ja fosforin osalta ovat varsin pieniä, fosforin osalta se on 0,7 % ja typen osalta 0,9 % (kuva 3 ja 4). Tässä työssä tarkasteltava Viransuo sijaitsee juuri edellämainitun kaltaisella alueella, jossa turvetuotannossa on merkittävä osuus valuma-alueesta.



Kuva 3 Fosforipäästölähteet (muokattu lähteestä: ymparisto.fi)



Kuva 4 Typpipäästölähteet (muokattu lähteestä: ymparisto.fi).

3 NEUTRALOINNIN TAUSTAT JA TEORIAA NEUTRALOINTIIN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

3.1 Happamuus

Veden happamuuteen vaikuttavat erilaiset veteen liuenneet vahvat emäkset, vahvat ja heikot hapot sekä dissosioitumaton hiilidioksidi. Vahvojen happojen osalta suurin merkitys on rikkihapolla, sekä jonkin verran myös typpihapolla. Heikkojen happojen osalta Suomen humuspitoisissa vesissä esiintyvät orgaaniset humus- ja fulvohapot. Humuspitoiset vedet ovatkin tyypillisesti kirkkaita vesiä happamampia luonnostaan. Erittäin hiilidioksidipitoinen vesi on luontaisesti hapan pH-arvoon 5,5 asti. Karbonaatti antaa vedelle puskurikykyä vastustaa pH:n muutoksia veden pH:n ollessa yli 6. Muiden tekijöiden vaikutus puskurikykyyn alkaa tapahtua pH:n ollessa alle 6, tärkeimpänä näistä on humusaineet. Veden pH-arvon mennessä alle 4,5 alkavat myös epäorgaaniset alumiinin yhdisteet toimia puskureina. (Alasaarela ja Heikkinen 1988, 6 - 7.)

Alhainen pH humuspitoisissa vesissä johtuu yleensä sen sisältämistä humushapoista. Happamuuteen vaikuttaa myös suoturpeessa tapahtuva ioninvaihto, jossa H^+ -ioni vapautuu veteen. (Alasaarela ja Heikkinen 1988, 6.) Vesistön happamoituminen näkyy ensin sen alkaliniteetin eli puskurikyvyn laskuna, jonka jälkeen sen pH-arvo alkaa laskea (ymparisto.fi). Happamoitumisella on vaikutusta vesistön eläimiin ja kasveihin, sillä ne saattavat kärsiä jo pienistäkin muutoksista. pH:n nostolla lähemmäs sen luonnollista tasoa halutaan turvata vesistölle sen biologiset toimintaedellytykset, sekä nostaa veden puskurikykyä paremmalle tasolle. Makean veden puskurikyky on tavallisesti yli 6 pH alueella, mutta humuspitoisten vesien puskurikykyä löytyy jo pH 3 - 6 alueelta. (Alasaarela ja Heikkinen 1988, 9 - 10.) Tässä työssä halutuksi pH-tasoksi on valittu 5,9, joka on tutkimusalueelta purkautuvien valumavesien pH-keskiarvo. Työssä tarkasteltavan ennestään lievästi happaman humusveden happamuutta lisää veden puhdistaminen happamalla koagulantilla joka laskee pH:ta alemmas, alle pH-arvo 4:n.

Happamoitumiselle herkkiä vesistöjä ovat sellaiset, jotka sijaitsevat puskurikyvyltään heikoilla kallioisilla tai ohuen sora-, hiekka-, tai moreenikerroksen peittämällä alueilla. Myös vesistöjen latvajärvet ovat herkkiä happamoitumiselle johtuen niiden veden hitaasta vaihtumisesta. Happamoitusmisherkyyttä lisää myös se, jos valuma-alue on kooltaan pieni suhteessa vesistön pinta-alaan. Humusvedet happamoituvat hitaammin kuin kirkkaat vedet, mutta toisaalta, kuten edellä mainittu, ne ovat usein luontaisesti happamampia. Valuma-alueella sijaitsevat savi- ja peltomaat sekä jätevesikuormitus lisäävät vesistön puskurikykyä. Virtaavissa vesissä suurin happamuus ajoittuu tulva-ajoille. (Alasaarela ja Heikkinen 1988, 9.)

Happamoituminen johtuu pääasiassa rikkidioksidin ja typen oksidien päästöistä ilmakehään. Ensivaiheessa happamoituu maaperä, jonka jälkeen maaperästä vesistöön valuvat vedet aiheuttavat vesistöjen happamoitumista. (Seppänen 2000, 154.) Rikkipäästöt ovat yleensä peräisin polttoaineista, kuten hiilestä ja polttoöljystä. Typen osalta päästöt johtuvat suurelta osin liikenteestä. Happamoittavat yhdisteet kulkeutuvat usein kaukokulkeumana satojen ja jopa tuhansien kilometrien päähän. Tämän

takia Suomeen tuleva hapan kuormitus riippuu myös useiden muidenkin maiden päästöistä. (Lyytimäki ja Hakala 2008, 72.)

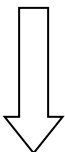
3.2 Neutralointi

Tässä työssä neutraloinnilla tarkoitetaan kaikkia toimenpiteitä, joilla pyritään nostamaan veden pH-arvoa ja puskurikapasiteettiä. Neutraloinnin, eli pH:n noston tarkoituksena on vähentää veden happamuutta ja sen aiheuttamia haittavaikutuksia, sekä palauttaa vesistön luonnollista tilaa. (Alasaarela ja Heikkinen 1988, 16.) Veden hiilidioksidipitoisuudella on keskeinen rooli neutraloinnissa. Kokonaishiilidioksidipitoisuuteen kuuluvat vapaa hiilidioksidi vedessä, sekä bikarbonaatin (HCO_3^-) ja karbonaatin (CO_3^{2-}) kokonaismäärä (kuva 5). Veden pH määräytyy hiilidioksidin, bikarbonaatin ja karbonaatin suhteellisten osuuksien mukaan vedessä. (Kalkkikivialkalointi 2002, 3 - 4.)

Happamuutta voidaan vähentää useilla eri emäksisillä kemikaaleilla. Emäksinen kemikaali neutraloi veden sisältämän hiilidioksidin bikarbonaatiksi (kuva 5) nostaen samalla veden pH:ta. Kalkkipitoisilla emäksillä neutraloitaessa nousee veden kalsiumpitoisuuden kasvun myötä myös veden kovuus. pH:n nostoon tutkittuja kemikaaleja ovat muun muassa lipeä (NaOH), sooda (Na_2CO_3), kalkin eri muodot, kuten sammutettu kalkki (Ca(OH)_2), sammuttamaton kalkki (CaO), kalkkikivi (CaCO_3), sekä dolomiitti (MgCO_3). (Kalkkikivialkalointi 2002, 4.) Lipeä ja sooda ovat neutralointikyvyiltään parhaimpia ja liukenevat nopeasti (taulukko 1), niiden nopea liukeneminen voi kuitenkin aiheuttaa pH:n nousun liian voimakkaasti. Sammuttamaton ja sammutettu kalkki nostavat veden pH:n nopeasti arvoon 12 - 13 yliannostelutilanteessa, eikä niillä ole pitkäaikainen neutraloiva vaikutus. (Alasaarela ja Heikkinen 1988, 20.) Tässä työssä suuren yliannostelun riski on hyvin pieni johtuen pumppuun asetetusta maksimi lipeänsyöttöarvosta, joka oli kesän koeajossa pääasiassa 38 l/h.

Tässä työssä tarkasteltaessa neutralointia 20 - prosenttisella lipeällä valittiin se menetelmäksi johtuen pienemmistä investoinneista verrattuna kiinteisiin kalkkikemikaaleihin. Lisäksi kiinteitä kalkkikemikaaleja on kokeiltu aiemmin Vapon muilla tuotantoalueilla, joka on osoittautunut työlääksi menetelmäksi johtuen muun muassa kalkin aiheuttamista tukkeumista syöttölaitteistossa Vapo Oy:n projektipäällikkö Ulla Ranta (2015-02-17) kertoi.

Taulukko 1 Neutraloinnissa käytettävien kemikaalien liukenevuus
(muokattu lähteestä: Lakso, Lindroos ja Weppling 1989, 29)

dolomiitti (MgCO_3)	hidas liukeneminen
kalkkikivi (CaCO_3)	
sammutettu kalkki (Ca(OH)_2)	
sammuttamaton kalkki (CaO)	
sooda (Na_2CO_3)	
lipeä (NaOH)	
	nopea liukeneminen

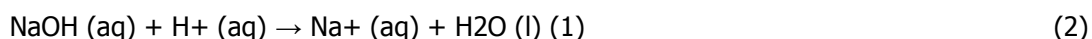
3.3 Neutralointi lipeällä

Neutraloinnissa keskeinen merkitys on veden hiilidioksidipitoisuudella. Veden kokonaishiilidioksidipitoisuus koostuu vapaasta hiilidioksidista (CO_2) sekä sidotusta hiilidioksidista. Sidotulla hiilidioksidilla tarkoitetaan veden sisältämän bikarbonaatin (HCO_3^-) ja karbonaatin (CO_3^{2-}) kokonaismäärää. Hiilidioksidin, bikarbonaatin ja karbonaatin osuudet vedessä määrittelevät veden pH:n. (Kalkkikivialkalointi 2002, 3-4). Veden hiilidioksidipitoisuus vaikuttaa siihen, kuinka paljon pH:n nostossa tarvitaan neutralointikemikaalia. (Vesilaitostekniikka ja Hygienia 2008, 41.)

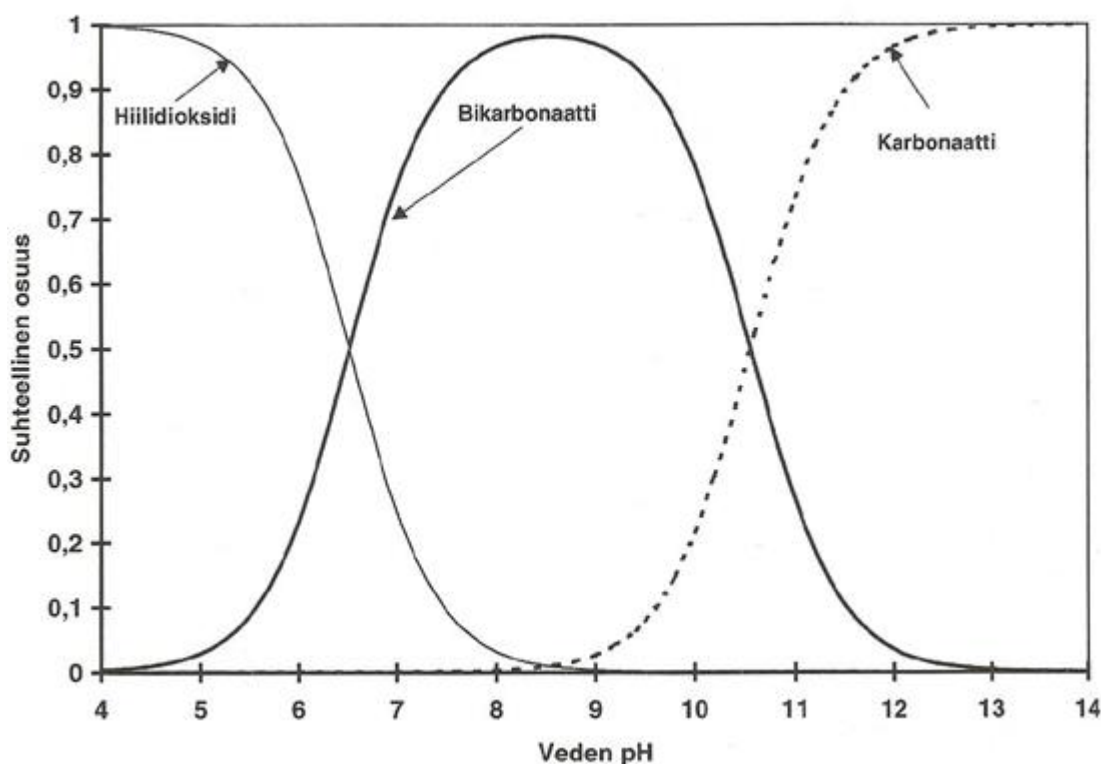
Veteen liuennut hiilidioksidi tekee vedestä lievästi happaman:



Reaktioyhtälö työssä käytettävälle lipeälle neutraloinnissa on seuraava:



Veteen lisättäessä neutralointikemikaalia, se alkaa neutraloida veden sisältämää hiilidioksidia bikarbonaatiksi, jolloin pH nousee (Kalkkikivialkalointi 2002, 4.) Kuvasta 5 nähdään, että pH:n noustessa lähelle tavoitearvoa 6, sen hiilidioksidipitoisuus on noin 75 % ja bikarbonaattipitoisuus noin 25 %. Lipeä ei vaikuta veden kovuuteen toisin kuin kalkkipohjaiset menetelmät, jolloin kalsiumpitoisuuden kasvun johdosta veden kovuus kohoaa (Kalkkikivialkalointi 2002, 4.) Tässä työssä tarkasteltavassa neutraloinnissa kyseisellä ominaisuudella ei ole merkitystä.



Kuva 5 Veden hiilidioksidin, bikarbonaatin ja karbonaatin suhteelliset osuudet vedessä eri pH alueilla (Kalkkikivialkalointi 2002, 4).

Lipeä annostellaan sopivan vahvuisella syöttöliuoksella veteen, joka tässä työssä on ollut 20-prosenttista lipeää. pH-mittauksella voidaan valvoa annostelua ja muuttaa sitä tarvittaessa. Lipeää annosteltaessa pH:n muutos on jyrkkä lähellä pH-arvoa 8 - 9. Kemikaalin annostelu voidaan toteuttaa virtaamaohjauksella, pH ohjauksella, virtaamaohjauksella yhdistettynä pH-korjaukseen tai kytkettynä vesipumppujen käyntiin. Annostelussa käytettävällä pH-mittauksella voidaan korjata pH:n vaihtelua ja saada se pysymään vakaampana. (Vesilaitostekniikka ja hygienia 2008, 15 - 16.)

3.4 Lipeän ominaisuudet

Natriumhydroksidia, eli lipeää käytetään yleensä alle 50-prosenttisena vesiliuoksena, jolloin se on huoneenlämpötilassa nestemäisessä olomuodossa. Sitä väkevämmät liuokset ovat joko kiinteitä tai erittäin viskoottisia nesteitä. Lipeä ei pala, mutta se voi reagoida voimakkaasti veden tai vahvojen happojen kanssa, jolloin lämpöä muodostuu niin paljon, että lähellä olevat palavat materiaalit syttyvät tuleen. Lipeä on hyvin syövyttävää ja se syövyttää myös erilaisia metalleja, kuten sinkkiä, magnesiumia ja alumiinia vapauttaen samalla syttyvää vetykaasua. (ttl.fi.)

Lipeä imeytyy maaperään sitä helpommin ja nopeammin, mitä laimeampana liuoksena se on. Alle 50-prosenttiset natriumhydroksidiliuokset imeytyvät maaperään ja voivat kulkeutua pohjaveteen asti irroittaen erilaisia haitta-aineita mukanaan. Pohjavedessä lipeän kulkeutuminen riippuu pohjaveden virtauksista. Natriumhydroksidi on haitallista vesieliöille sen voimakkaan emäksisyyden takia. Useille makean veden kaloille pH-arvon nousu yli 9 on haitallista ja levät häviävät jo pH-arvon ylittäessä 8,5. Natriumhydroksia ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi, eikä sen ole todettu kertyvän ravintoverkkoon. (ttl.fi.)

Kemira Oy:n Jukka Lehtovuori (2014-11-14) kertoo sähköpostiviestissään, että neutraloinnissa käytettävä Kemiran toimittama 20-% lipeä tuotetaan ympäristöystävällisellä membraaniteknologialla, joka on EU:n luokittelema BAT-menetelmä. Kemiran toimittama lipeä täyttää vaatimukset käytöstä elintarvikelisiä aineena ja juomaveden käsittelyssä. Lipeää käytetään Suomessa myös juomavesilaitoksilla pH:n säätöön. Elintarviketeollisuudessa lipeää käytetään muun muassa limsojen ja jäätelön valmistuksessa, hedelmien ja vihannesten pesussa ja kuorinnassa, sekä suklaan ja kaakaon prosessoinnissa.

3.5 Muut neutralointivaihtoehdot

Muita neutralointivaihtoehtoja happamille vesille lipeän lisäksi ovat dolomiitti, kalkkikivi, sammutettu kalkki, sammuttamaton kalkki ja sooda. Muiden neutralointimenetelmien käyttö Viransuon tapauksessa koettiin hyödyttömäksi kokeilla niihin liittyvien ongelmien, kustannusten ja aikaisempien kokemusten takia Ranta (2015-02-17) kertoi.

Kalkkikivi liukenee veteen huonommin verrattuna lipeään, mutta sillä on pitkäaikaisin vaikutus eri neutralointimenetelmistä. Kalkkikiven liukeneminen riippuu kalkkikiven raakoista ja neutraloitavan

veden pH-arvosta. Kalkkikiven annostelu vaatii työvoimaa, kalliit laitteistot ja pitkäaikaisen kalibroinnin. (Alasaarela ja Heikkinen, 1988, 25 - 26.) Erilaisia tapoja annostella kalkkikivi virtaavaan veteen ovat suoraan veteen kaataminen, kalkkikivimurskeen levittäminen uoman pohjalle sekä valuma-alueen maaperän ja yläpuolisten järvien kalkitus. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että kalkkivimurskeen levitys uoman pohjalle ei toimi hyvin kalkkikiven päälle saostuneen raudan ja humuksen takia, jotka vähentävät sen liukenemista. (Alasaarela ja Heikkinen 1988, 44 - 47.) Aikaisempien kokemusten perusteella Vapo Oy:ssä kalkilla neutralointi on vaikea toteuttaa ja vaatii jatkuvaa huoltoa johtuen kalkin aiheuttamista tukkeumista, kun sen sekaan pääsee vähänkin kosteutta. Kalkilla neutralointi vaatisi oman syöttölaitteiston, johon kuuluu siilo, annosteluruuvi, automaatio- ja säätötekniikka eli oma logiikkakeskus Ranta (2014-11-15) kertoo Vapo Oy:n tiedotteessa.

Sammutettu- ja sammuttamaton kalkki ovat hygroskooppisia aineita jotka sitovat kosteutta helposti itseensä. Tämä aiheuttaa syöttölaitteistossa ongelmia, pysähtymisiä, paakkuuntumista, jolloin myös pH:n säädöstä tulee hyvin epätarkkaa. Sammutettu- ja sammuttamaton kalkki nostavat pH-arvon nopeasti liian korkealle tasolle. Näiden käyttö vaatisi huomattavasti enemmän valvontaa kuin lipeää käytettäessä Ranta (2014-11-15) kertoo Vapo Oy:n tiedotteessa.

3.6 Humus

Humus koostuu kasveista ja eläimistä peräisin olevasta orgaanisesta aineesta, joka aiheuttaa vedelle ruskeankeltaisen värin. Humusta muodostuu, kun kuollut kasviaines ja eläinten, sekä pieneläinten jäänteet soilla ja maaperässä eivät ehdi hajota hiilidioksidiksi, vedeksi ja ravintosuoloiksi. Vesiin liuennut orgaaninen aine koostuu pääosin humuksesta. Humuksen esiintymiseen vaikuttaa hyvin paljon soiden määrä, josta humusta tulee. (Berger ja Kaukonen 1984, 1.) Suomi sijoittuu pohjoiseen havumetsävyöhykkeeseen, jossa humusta muodostuu yli omien tarpeiden. Suomi on yksi maailman soisimmista alueista ja sen kokonaispinta-alasta on 28,2 % soita, joten humuksen esiintyminen on tällöin runsasta. Sadevedet huuhtovat soilta ja kangasmailta humusta, joka värjää veden tummaksi. Lisäksi humusvedet sisältävät rautaa, mikä antaa vedelle rusehtavaa sävyä. (Berger ja Kaukonen 1984,1; Peuravuori 1993, 1.)

Humusaineet jaetaan kolmeen ryhmään: humushappoihin, fulvohappoihin ja humiineihin. Humushappo ei liukene veteen alle pH 2 olosuhteissa, mutta sitä korkeammissa pH olosuhteissa se liukenee. Fulvohappo on humusaineiden osa, joka liukenee veteen kaikissa pH olosuhteissa. Humiini taas ei liukene ollenkaan veteen missään pH olosuhteissa. (Peuravuori 1993, 5.) Humus on negatiivisesti varautunutta ja esiintyy joko liuoksena tai kolloideina. Kolloidiset hiukkaset ovat kooltaan molekyyli-liuoksessa ioni- tai molekyylikokoa ja suspensiossa ne ovat niin suuria, että voivat laskeutua painovoiman vaikutuksesta. Humus on fysikaalisilta ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaista, kuin turve. Turpeen ominaisuuksia, joita voidaan verrata humuksen ominaisuuksiin, ovat ainakin märkätilavuuspaino, kuivatilavuuspaino, tiheys, kokonaishuokostila, vesipitoisuus ja vedenläpäisevyys. (Berger ja Kaukonen 1984, 24 ja 26.)

3.7 Koagulaatio ja flokkulaatio

3.7.1 Koagulaation ja flokkulaation perusteet

Vedenkäsittelyssä koagulaatio on prosessi, jossa yleensä negatiivisesti varautuneet kolloidit, jotka yleensä ovat humus- ja savikolloideja, neutraloidaan kemikaalin avulla. Koagulaatio antaa pohjan suspentoituneiden ja kolloidikoossa olevien epäpuhtauksien poistamiseen vedestä. Kolloidihiuksaset, joita kutsutaan miselleiksi, ovat kooltaan noin $0,1 - 0,01 \mu\text{m}$. Koagulaatiossa syntyneet suuremmat hiukkaset kasvatetaan suuremmiksi hämmennyksen eli flokkauksen avulla. (Karttunen 2004, 133.)

Kun hiukkaset ovat suurentuneet koagulaation ja flokkauksen avulla tapahtuu lopullinen poisto suodatuksen, laskeutuksen tai flotaation avulla. Usein vedenpuhdistuksessa käytetään kaikkia näitä menetelmiä. Humuksen lisäksi monien veteen liuenneiden aineiden poistaminen vaatii koagulaatio- ja flokkausprosessia. (Karttunen 2004, 133.)

3.7.2 Humuksen poiston koagulaatio ja flokkaus

Kemiallisessa koagulaatiossa pyritään tietyllä aineella saamaan veteen tilavuudelta riittävän suuri sakka, johon pidätyvät suspensio- että kolloidimuodossa olevat ja myös jonkin verran veteen liuenneet epäpuhtaudet. (Berger ja Kaukonen 1984, 50). Koagulaatioprosessin ensimmäisessä vaiheessa kemikaalinsyötön jälkeen kolloidin sähköinen kaksoiskerros puristuu kokoon. Tämän jälkeen kolloidin varaus, jota kutsutaan zeta-potentiaaliksi, purkautuu. Seuraavana kemikaalin vaikutuksesta hiukkaset kasaantuvat suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja lopuksi kolloidit kiinnittyvät muodostuneisiin flokkeihin. (Karttunen 2004, 134.)

Yleisesti ajatellaan, että kolloideihin vaikuttavat kaksi voimaa: Van der Waalsin vetovoima, sekä erilaiset elektrostaattiset työntövoimat. Kolloidisen suspension pysyvyys riippuu kyseisistä voimista. (Karttunen 2004, 134.) Koagulantin eli koagulaatiossa käytettävän kemikaalin tehtävänä on vähentää kolloidihiuksasten sähkövarausta, jotta hiukasten muodostuminen olisi mahdollista. Hiukkaset, jotka syntyvät kemiallisten reaktioiden seurauksena ovat mikroflokkeja, joiden poisto vedestä vielä tässä vaiheessa on mahdotonta. (Berger ja Kaukonen 1984, 50.)

Metallikoagulanteilla, kuten alumiini- ja rautasuolat humuksen koagulaatio tapahtuu kemiallisen vuorovaikutuksen avulla positiivisesti varautuneiden metalliyhdisteiden ja negatiivisesti varautuneiden humusmolekyylien toiminnallisten ryhmien välillä. Kyseinen metalli-humuskompleksin saostuminen on erittäin nopea reaktio ja tapahtuu jo pikasekoitusvaiheessa. Hiukasten muodostumista edesauttaa koagulaation alussa Brownin lämpöliike, mutta kun hiukkaset kasvaa myös lämpöliike hidastuu ja lopulta lakkaa kokonaan. Jotta flokki muodostuu, edellytyksenä on, että suspensioon tuodaan energiaa ulkoapäin, eli käytännössä suspensiota sekoitetaan mekaanisesti. Mekaanisen sekoituksen seurauksena hiukkaset osuvat toisiinsa ja näin kerääntyvät isommiksi flokeiksi ja voivat laskeutua, jonka jälkeen ne voidaan poistaa prosessista. (Berger ja Kaukonen 1984, 50.)

Humuksen poistossa koagulaatio on siis prosessi, jolla luodaan valmiudet poistaa muodostunut humusflokki esimerkiksi selkeytyksen avulla. Humuspitoisten vesien koagulaatiomekanismia ei ole tarkasti selvitetty. On tiedossa, että parhaiten koagulaation avulla saadaan poistettua humuksen värillinen, pääasiassa humushappoja sisältävä osa. Samalla humuksen suurimolekyyliseen osaan tiukasti sitoutuneet metallit poistuvat. (Berger ja Kaukonen 1984, 49 - 50.)

3.7.3 Koagulantit

Koagulantin tehtävänä on siis pienentää kolloidihiuksien sähkövarausta siten, että zeta-potentiaalin aiheuttama hylkivä voima on pienempi, kuin Van der Waalsin voima. Tähän vaikuttaa sopivan koagulantin valinta. Koagulanttien muodostamien kompleksien yhdisteiden muodostumista voidaan säätää veden pH:ta muuttamalla. Koagulantit on jaettu kahteen pääryhmään, metallipohjaisiin ja orgaanisiin polymeereihin. (Berger ja Kaukonen 1984, 50 - 51; Bratby 2006, 31 - 32.)

Metallikoagulantteja on alumiinipohjaisina, sekä rautapohjaisina koagulantteina. Ne ovat helposti saatavia, edullisia, sekä niiden koagulanttiset ominaisuudet ovat hyvät. Yleisimmät edellä mainituista koagulanteista ovat alumiinisulfaatti $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ sekä rautasuolat FeCl_3 ja $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$. (Bratby 2006, 32; Karttunen 2004, 136.)

Suomessa humuksen poistossa käytetään pääasiassa kolmiarvoisia rautasuoloja eli ferrisulfaattia $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$, ferrikloridia FeCl_3 tai näiden esipolymerisoituja laatuja. Rautasuolojen ominaisuudet ovat yhtä hyviä, kuin alumiinisuolat, mutta rautasuolat ovat hankalampia käsitellä syövyttävyyden takia, sekä ovat yleensä hinnaltaan kalliimpia. Rautakoagulanttien käyttö on mahdollista laajemmalla pH alueella, kuin alumiinikoagulanttien. Rautasulfaatti on tehokas koagulantti veden värin poistossa matalissa pH-arvoissa, sekä korkeammissa pH-arvoissa hyvä veden raudan ja mangaanin poistossa. (Karttunen 2004, 136; Bratby 2006, 35.) Tässä työssä tarkasteltavalla Viransuon kemiallisella vedenkäsittelyasemalla koagulanttina on käytössä Kemiran PIX-115 rautasulfaattia.

3.8 Vesianalyysien kohteet

Neutraloinnin tulosten tarkastelussa on käytetty Nablabs Oy:n vesianalyysituloksia apuna. Alla on kuvattu lyhyesti jokainen tarkastelussa käytetty parametri.

3.8.1 pH

pH kuvaa veden happamuutta. pH-asteikko on logaritminen, mikä tarkoittaa sitä, että pH:n muuttuessa yhden yksikön verran vetyionikonsentraatio kymmenkertaistuu. pH:n ollessa 7 sekä vetyionien että hydroksyyli-ionien määrä on sama, eli silloin vesi on neutraalia. Normaalisti pH on talvella hieman alhaisempi kuin kesällä muun muassa levätuotannon takia, joka tapahtuu kesäaikaan. (Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna 1999.)

3.8.2 Kiintoaine

Kiintoaine on veden mukana kulkeutuvaa ainesta, jonka partikkelikoko on suurempaa kuin $0,45\ \mu\text{m}$. Se voi sisältää sekä orgaanista eli eloperäistä ainesta että elotonta mineraaliainesta. Kiintoainekuormitus on yleensä seurausta maaperän eroosiosta ja eroosioaineksen kulkeutumisesta valumavesien mukana vesistöön. Kiintoaine kulkeutuu veteen sekoittuneena tai pohjaa pitkin. Kiintoaineella on myös vaikutusta veden humuspitoisuuteen siten, että huuhtoutunut orgaaninen kiintoaines hajoaa ajan myötä mikrobien sekä pohjaeläinten vaikutuksesta, jolloin siitä voi syntyä humusainetta. Merkitävä määrä ravinteita voi kulkeutua maalta vesistöihin kiintoaineeseen mukana sen rakenteellisenä osana tai kiintoaineen pintaan pidättyneenä. (Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen 2013.)

3.8.3 COD_{Mn}

Kemiallinen hapenkulutus, eli COD_{Mn} kuvaa veden sisältämien kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrää, eli eloperäistä ainesta vedessä. COD_{Mn} määrittäminen korreloi veden TOC ja DOC-pitoisuuksien kanssa ja kuvaa näin ollen myös veden humuspitoisuutta. Kemiallisen hapenkulutuksen määrittäminen tapahtuu kaliumpermangaatin (KMnO_4) kulutuksena happamassa liuoksessa. Tällöin orgaaniset aineet hapettuvat ja osa permangaatista pelkistyy. Jäljellä oleva permanganaatin määrä mitataan titraamalla, josta COD_{Mn} - luku lasketaan. (Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen 2013.)

3.8.4 Väri

Veden väri kuvaa myös humuspitoisuutta. Veden värissä on korrelaatio kokonaishiilipitoisuuden kanssa ja humuspitoisuus on sitä korkeampi, mitä tummempaa vesi on väriltään. Värin yksikkö on mg Pt/l . Lukuarvo kertoo veden värin, joka vastaa platinan määrää mg/l vertailuun käytetyssä väri-liuoksessa. Humusaineiden lisäksi veden väriin vaikuttavat rauta, mangaani, levät sekä vedessä olevat kiinteät ja liuenneet aineet. Suomen vesistöjen keskimääräinen väriarvo on $51\ \text{mg Pt/l}$. (Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen 2013.)

3.8.5 Fosfori

Kokonaisfosfori kertoo veden sisältämää fosforin kokonaismäärän. Määrittäminen sisältää kiintoaineeseen sitoutuneen ja liuenneen fosforin kaikissa muodoissa. Fosfori on kasvisravinne ja sen pitoisuus indikoii rehevyytensä. (vapo.fi.) Rehevöitymisen kannalta se on typen ohella tärkein ravinne. Luonnossa fosfori on lähtöisin erilaisista fosforipitoisista kivilajeista, joista sitä irtoaa rapautumisen seurauksena. (Humusvesi-hanke 2013.)

3.8.6 Typpi

Typeä esiintyy orgaanisissa muodoissa ja liuenneina epäorgaanisina yhdisteinä niin nirtaatti-, nitriitti- ja ammoniumtyppinä ja ilmakehästä veteen liuenneena vapaana typpinä. Kyseisessä vesiana-

lyysissä typpipitoisuutta on tarkkailtu kokonaistypen kuormituksena. Typpi on fosforin lisäksi tärkein ravinne vesien rehevöitymisessä. Kasvillisuudelle tärkeitä ja käyttökelpoisia ovat etenkin nitraatti- ja ammoniumtyppi. Luonnonvesissä ammonium- ja nitriittityppi pitoisuudet ovat luontaisesti alhaisia ja niitä pidetään likaantumisen indikaattoreina. (vapo.fi.)

3.8.7 Sameus

Sameus kuvaa vedessä olevia pienhiukkasia, kuten mineraaleja, saviainesta, orgaanista ainesta ja kasviplanktonia. Sameus esitetään yksikössä FTU. Täysin kirkkaan veden sameus on alle 1 FTU ja lievästi samean veden sameus on 1-5 FTU. (Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen 2013.)

3.8.8 Rauta

Raudan pitoisuus vedessä vaihtelee hyvin paljon erilaisissa vesistöissä. Kirkkaissa karuissa järvissä rautapitoisuus on huomattavasti alhaisempi, kuin humusvesissä, joissa rauta on sitoutunut humusyhdisteisiin (Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna). Veden rautapitoisuus vaikuttaa myös veden väriin ja antaa sille rusehtavaa väriä. (Berger ja Kaukonen 1984, 1).

4 VIRANSUON TUTKIMUSALUE

4.1 Kangasjärven alue

Työn tavoitteena oli tutkia Viransuon turvetuotantoalueella sijaitsevan kemiallisen vedenkäsittely-
aseman kemikalointivesien jälkineutralointia. Viransuon turvetuotantoalue (kuva 7) sijaitsee Kangas-
järven alueella, joka kuuluu Vuoksen vesistöalueeseen ja on sen latvavesiä. Kangasjärvi on pinta-
alaltaan 19,4 km² ja sen valuma-alue on kooltaan 134 km². Alueen järvisyys on 18,7 % ja valuma-
alueesta suota on noin puolet, joista ojitettuja soita 67 %. Erityisesti Kangasjärven läheiset suot
ovat tehokkaasti ojitettuja. Kangasjärven alueella sijaitsevat myös Ropolan-, Huppion- ja Rajasuon
turvetuotantoalueet. Turvetuotantoalueiden yhteispinta-ala on 1480 ha, josta tuotantokunnossa
vuonna 2013 oli 1227 ha. (Etelä-Savon ELY-keskuksen alueella sijaitsevien turvetuotantoalueiden
käyttö-, hoito-, kuormitus ja vesistötarkkailuraportti vuodelta 2013.)

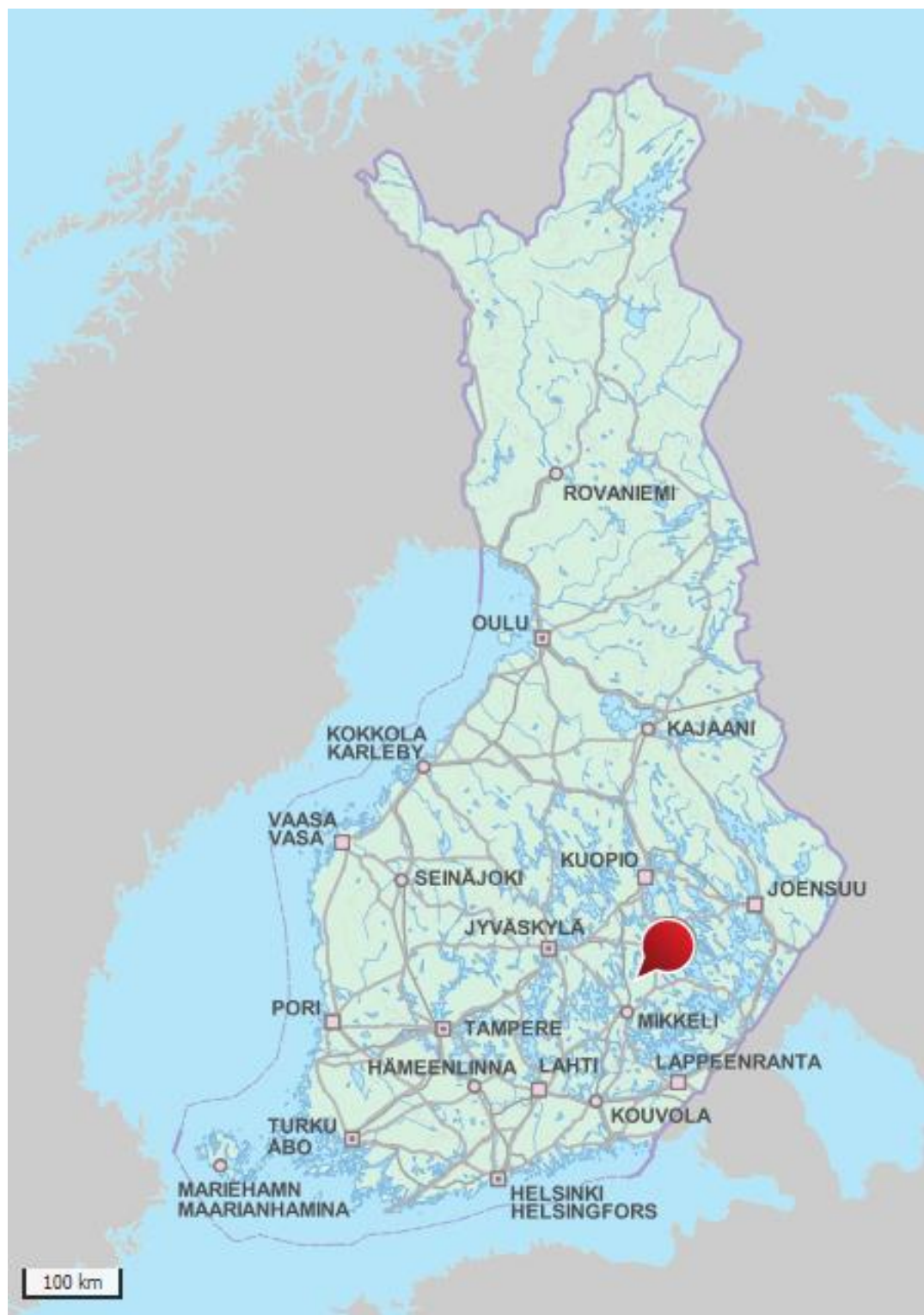
4.2 Tutkimusalueen alapuolisen vesistön vedenlaatu

Viransuon tuotantoalueen valumavedet johdetaan Höytiönlampeen, josta ne virtaavat Kangasjärveen
Höytiönjokea pitkin. Vedenlaatu Höytiönlammissa on suhteellisen lähellä siihen tulevien valumave-
sien laatua johtuen lammen pienuudesta ja sen lyhyestä viipymästä. Lampi on tummavetinen, koh-
talaisen ravinteikas ja ajoittain hyvin hapan. (Etelä-Savon ELY-keskuksen alueella sijaitsevien turve-
tuotantoalueiden käyttö-, hoito-, kuormitus ja vesistötarkkailuraportti vuodelta 2013.)

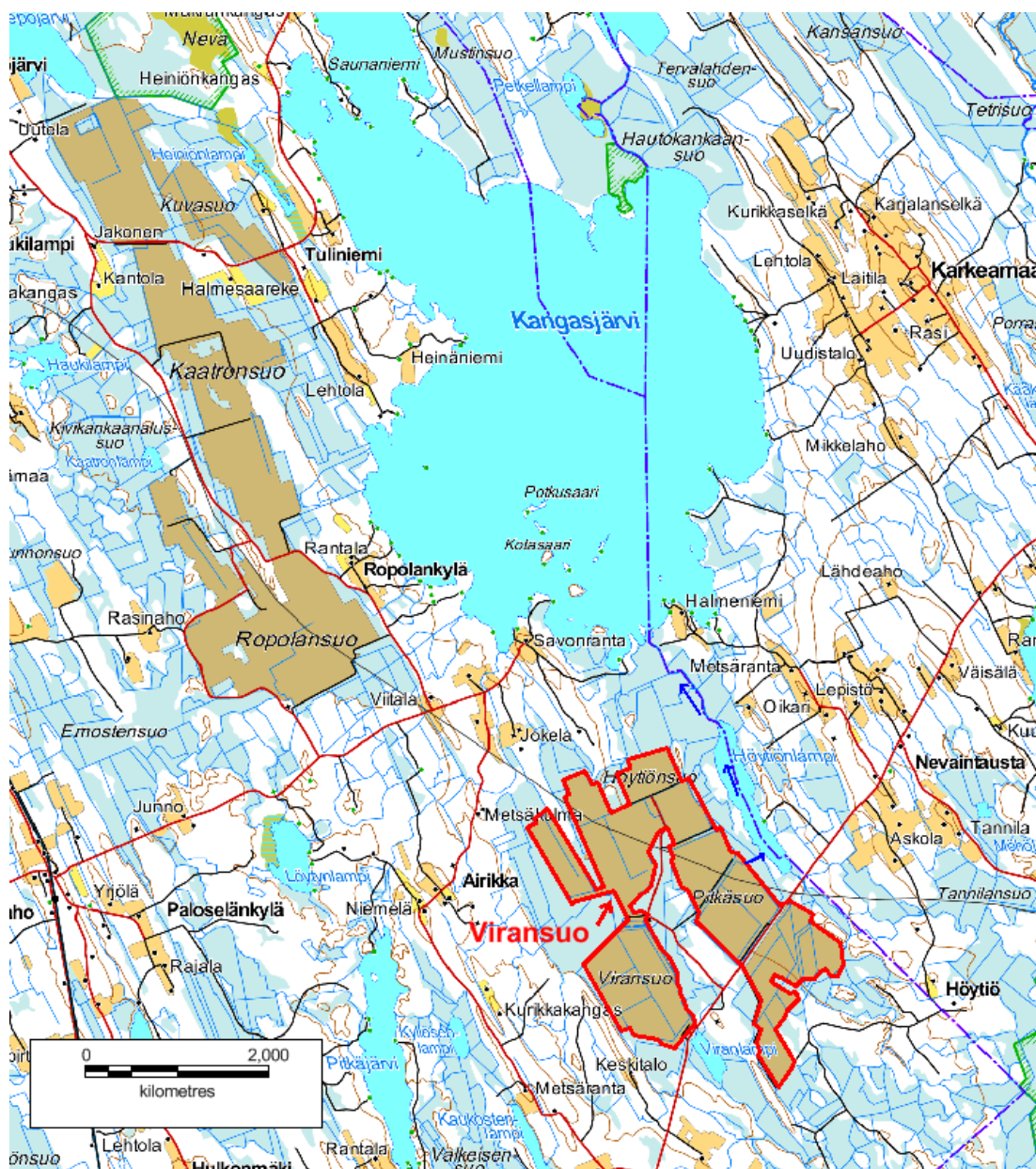
Höytiönjoen fosforipitoisuus ja orgaanisen aineksen pitoisuus on ollut lähivuosina alhaisempaa ja
johtokyky korkeammalla tasolla johtuen Viransuon kuivatusvesien kemikalointipuhdistuksesta. Myös
Höytiönlammen fosforipitoisuus on ollut ajoittain varsin alhainen. Vuonna 2013 Höytiönlamme-
st otettujen vesinäytteiden perusteella Höytiönlammissa on ollut maaliskuussa voimakasta hapenva-
jausta, sekä heinä- ja elokuussa alusvedessä oli selvää hapenvajausta. Höytiönlammen vedenlaatu
on vesistöjen laadullisen luokituksen mukaan välttävä. (Etelä-Savon ELY-keskuksen alueella sijaitse-
vien turvetuotantoalueiden käyttö-, hoito-, kuormitus ja vesistötarkkailuraportti vuodelta 2013.)

4.3 Viransuon turvetuotantoalue

Viransuon turvetuotantoalue sijaitsee Mikkelin lähialueella, Kalvitsan kylällä noin 37 km Mikkelistä
pohjoiseen (kuva 6). Viransuon turvetuotantoalueella kemikaloidaan vedet yhteensä 474 ha alueelta,
josta kuitenkin kaikki ei ole ollut tuotantokunnossa kesällä 2014. Viransuon kunnostaminen turve-
tuotantoa varten on aloitettu vuonna 1976 ja turvetuotanto alueella on alkanut vuonna 1982. Alueel-
la tuotetaan jyrsin-, ympäristö-, ja palaturvetta. (Viransuon turvetuotantoalueen ympäristölupa ja
toiminnanaloittamislupa 2009.)



Kuva 6 Viransuo sijainti (paikkatietoikkuna.fi)



Kuva 7 Viransuo ja sen lähivesistöt (muokattu lähteestä: maanmittauslaitos.fi)

4.3.1 Kemikalointiasema

Viransuon vedenkäsittelyasema on Wavin Labkon toteuttama, jonka rakennuksessa on ollut mukana alihankkijoita, kuten Grundfos Oy ja Destia. Nykyisin käytössä oleva kemikalointiasema on rakennettu syksyn 2011 aikana. Kemikalointiasemalla kemikaloidaan Viransuon turvetuotantoalueen vedet ympärivuotisesti. Kemialliseen käsittelyyn johdetaan vedet selkeytysaltaiden kautta. Kemikalointiasemalla kemikalointia on tehty vuoden 2014 aikana 2 252 903 m³ vettä, joka on keskimäärin 71 l/s. Vuoden 2013 aikana kemikalointi vesimäärä oli 2 129 553 m³ ja vuoden 2012 aikana, joka oli erittäin sateinen vuosi 4 881 157 m³ (Vapo Oy 2014.)



Kuva 9 Viransuon kemiallinen vedenkäsittelyasema (Vapo Oy 2013)



Kuva 10 Välppäkaivo ja ylös nostettava välppä (Viransuon vedenkäsittelyaseman asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet 2011)

4.3.3 Toimintaperiaate

Viransuon vedenkäsittelyasemalle johdetaan koko Viransuon turvetuotantoalueen kuivatus- ja sadevedet. Vedet tulevat ensin pumppausaltaaseen, josta menee putki pumppaamon edustalla sijaitsevalle välppäkaivolle. Välppäkaivossa olevat elektrodit mittaavat välppäkaivon pinnankorkeutta ja kun veden pinnan korkeus on ylittänyt logiikasta annetun 1. käynnistysrajan, käynnistyy pumppu käyntiin. Jos vesi nousee riittävän korkealle ja nousee yli 2. käynnistysrajan niin toinenkin pumppu käynnistyy pumppaamaan. Pumppaamon logiikkaan on annettu myös pumppujen pysäytyksille rajat. Kun vesipinta välppäkaivossa laskee riittävän alas, pysähtyy ensin yksi pumppu 1. pysäytysrajan ja myöhemmin toinen pumppu 2. pysäytysrajan mukaan. Välppäkaivossa on ylös nostettava välppä, jolla saadaan seulottua suurimmat partikkelit tulevasta vedestä pois, jotta ne eivät tukkisi vesipumppuja (kuva 10).

Pumppauksen yhteyteen sekoitetaan PIX-115 saostuskemikaali. Saostuskemikaalin annostus ohjataan pumppaamon logiikasta, josta saadaan muutettua kemikaalin annostusmäärää. Kemikaali syötetään kemikaalisäiliöstä kahden Grundforsin Alldos-kalvopumpun avulla. Molemmille vesipumpuille on siis oma kemikaalin syöttöpumppu. Saostuskemikaali sekoittuu vesipumpussa puhdistettavaan veteen, josta se johdetaan kemikalointialtaaseen. Heti sekoituksen jälkeen ja kemikalointialtaassa veden epäpuhtaudet reagoivat saostuskemikaalin kanssa siten, että pienet hiukkaset muuttavat vaurastaan niin, että ne vetävät toisiaan puoleensa ja flokkautuvat isoimmiksi partikkeleiksi. Tällöin partikkelit ovat painavampia ja ehtivät laskeutua kemikalointialtaan pohjalle ja käsitelty vesi puhdistuu. Kemikalointiallas ruopataan imuruoppaajalla tarpeen mukaan kemikalointialtaan vierellä sijaitseviin läjitysaltaisiin. Läjitysaltaat tyhjennetään vedestä ruoppausten välissä tulevan veden pumppausaltaaseen ja läjitysaltaisiin jäänyt liete poistetaan talvisin kaivinkoneen avulla.

4.3.4 Viransuon vedenlaatu

Viransuon kemikalointiin tuleva vesi on hyvin ravinteikasta ja tummaa. Suurin osa kiintoaineesta koostuu orgaanisesta aineesta. Tuotantoalueelta tulevien vesien pH-arvo on hyvin hapanta ja laskee entisestään voimakkaiden sateiden aikaan. Viransuon turvetuotantoalueelle on annettu kemialliselle käsitteleylle puhdistustehovaatimus, joka on sulan maan ajalle (15.4 - 31.10):

- kokonaisfosfori (kok.P) 80 %,
- kokonaistyyppi (kok.N) 40 % ja
- kemiallinen hapenkulutus (COD) 75 %.

Talviajalle Viransuolla on tavoitearvot, jotka ovat: (Etelä-Savon ELY-keskuksen alueella sijaitsevien turvetuotantoalueiden käyttö-, hoito-, kuormitus ja vesistötarkkailuraportti vuodelta 2013.)

- COD 60 % ja
- fosfori 60 %.

Vuonna 2014 Viransuon reduktiot sulan maan kemikaloinnille (15.4 – 31.10) olivat seuraavat:

- kok.P 96%
- kok.N 46%
- CODMn 85%

Lupaehdot täyttyivät kaikkien lupaehdoissa mainittujen parametrien osalta, joka kertoo kemiallisen puhdistuksen toimineen hyvin.

Vuonna 2013 reduktiot olivat seuraavat:

- kok.P 95 %,
- kok.N 28%,
- COD 78 %.

Viransuon kemiallinen puhdistus alensi vesistöön johdettavan veden fosforipitoisuutta, orgaanisen aineen määrää, sekä kiintoainepitoisuutta. Lupaehdot täyttyivät siis kokonaisfosforin (kok.P) ja kemiallisen hapenkulutuksen (COD) osalta, mutta typen osalta lupaehto jäi täyttymättä. (Etelä-Savon ELY-keskuksen alueella sijaitsevien turvetuotantoalueiden käyttö-, hoito-, kuormitus ja vesistötarkkailuraportti vuodelta 2013.)

Kemikalointiin tulevan veden pH keskiarvo oli vuoden 2013 vesinäytteissä 5,9. Kemiallisen käsittelyn jälkeen pH tippui siten, että keskiarvo oli 3,8. Tulevan veden pH:n keskiarvoa on käytetty tässä työssä neutraloinnin tavoite pH:na.

5 VIRANSUON JÄLKINEUTRALOINTI

5.1 Neutraloinnin tavoite ja työn suoritus

Neutraloinnin tavoitteena on nostaa Viransuon kemikalointiasemalta lähtevän veden pH sen nykyisestä noin pH-arvosta 3,8 sen luontaiselle tasolle. Kesän koeajon pH tavoitteeksi otettiin 5,9, joka on sama, kuin vuoden 2014 vesinäytteiden pH keskiarvo tulevalle vedelle Viransuon vedenkäsittelyyn. Neutralointikoeajon tavoitteena oli myös kehittää Viransuolle toimiva neutralointijärjestelmä, jolla neutralointia voitaisiin suorittaa luotettavasti, turvallisesti ja kustannustehokkaasti. Neutralointijärjestelmän luotettava toiminta on tärkeää, jotta järjestelmä toimii kuten pitääkin, eikä tapahdu esimerkiksi lipeän yliannostelua, joka voisi vaikuttaa haitallisesti alapuolisiin vesistöihin. Turvallinen toiminta on tärkeää, jotta onnettomuuksia lipeän kanssa ei tapahtuisi sen syövyttävyyden takia. Kustannustehokkuuden kannalta tavoitteena oli selvittää, minkälaisin kustannuksin lipeällä neutralointia voitaisiin toteuttaa. Neutraloinnin tavoitteena oli myös selvittää sen vaikutus vesinäytteistä mitattuihin parametreihin. Vesinäytteiden ottopaikat on esitetty kuvassa 11.

Kemira Oyj toimitti Viransuolle neutralointilaitteiston koeajoa varten ja asensi sen toimintakuntoon. Yhdessä Kemiran kanssa suunniteltiin neutraloinnin sijoitus, joka päädyttiin sijoittamaan lähellä Viransuon lähtöpatoa. Sijoituspaikka valittiin, koska sen sijoitus kemikalointiaseman yhteyteen olisi aiheuttanut pitkien kaapeleiden ja pitkien putkien vetämistä lähtöpadolle usean sadan metrin matkan.



Kuva 11 Viransuon vesinäytteenottoaikat (Vapo Oy tiedostot)

5.2 Neutralointiasema

Neutralointiasema koostuu lipeäsäiliöstä, joka on tilavuudeltaan 17 m^3 , neutraloinnin ohjauskontista, kemikaalipumpusta, syöttöletkusta, mittalaitteista, sekä ohjauslogiikasta (kuva 12). Kemira Oy on toimittanut kyseisen laitteiston Viransuon kemikalointiasemalle, joka on väliaikaisrakentein toteutettu neutralointikoeajoa varten. Aseman suunnittelu, sekä neutralointikoeajo on toteutettu Vapo Oy:n ja Kemira Oy:n yhteistyönä.

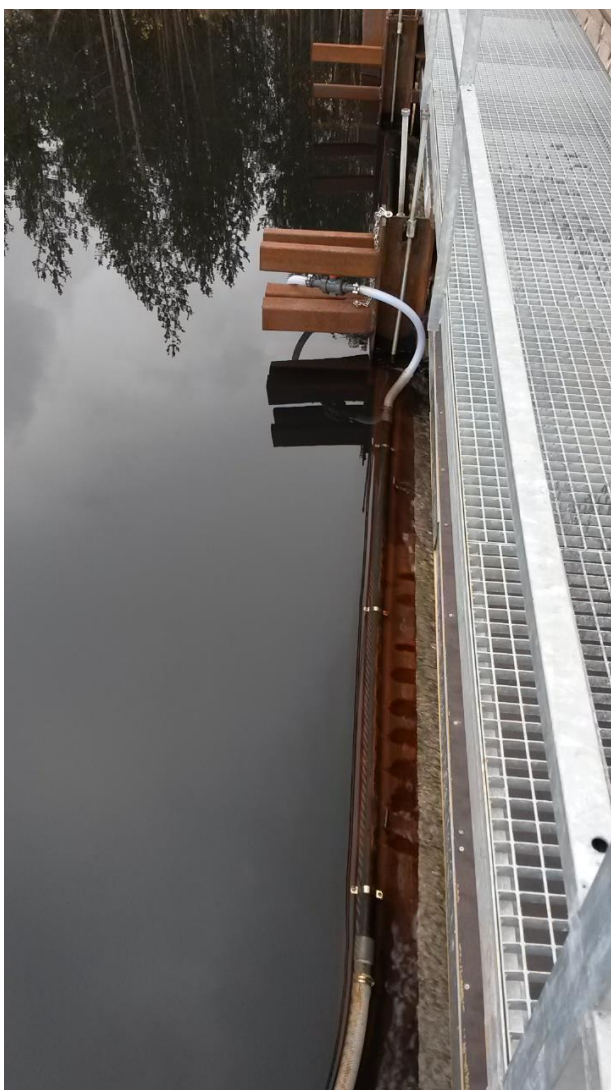


Kuva 12 Lipeäsäiliö ja taustalla neutraloinnin ohjauskontti (Hämäläinen 2014-10-13)

Neutralointikontin sisälle on rakennettu tarvittavat instrumentoinnit ja laitteistot neutraloinnin toimintaa ja ohjausta varten. Lipeänsyöttöä ohjaa pinnankorkeudenmittaus lähtöpadolla ja pH-mittaus laskuojassa. Näistä saadun mittaustiedon perusteella lipeänsyöttö käynnistyy ja pysähtyy pitäen pH-arvoa mahdollisimman lähellä haluttua 5,9 arvoa. Lipeä annostellaan kemikaalipumpulla (kuva 15) ja koko prosessia ohjaa logiikkayksikkö, josta voidaan säätää prosessin asetusarvoja, sekä tarkkailla prosessin toiminta trendikuvaajista. Lipeä syötetään padon yli virtaavaan veteen syöttöputken kautta, jonka jälkeen se sekoittuu tasaisesti koko vesimassaan pudotessaan padolta noin puoli metriä sen jälkeiseen altaaseen (kuva 13 ja 14).



Kuva 13 Viransuon lähtöpato, josta lipeän annostelu tapahtuu (Hämäläinen, 2014-10-12)



Kuva 14 Lipeän annosteluputki padolta (Hämäläinen, 2014-10-12)



Kuva 15 Grundfos Alldos annostelupumppu (Hämäläinen, 2014-10-12)

6 YHTEENVETO

Neutralointikoeajon tavoitteena oli kehittää Viransuolle toimiva neutralointijärjestelmä, jonka avulla veden pH saataisiin nostettua sen keskimääräisestä lähtevän veden pH-arvo 3,8:sta pH-arvoon 5,9, joka on lähellä alueen luontaista pH:ta. Lisäksi tavoitteena oli kehittää neutralointijärjestelmä, jolla neutralointia voitaisiin suorittaa luotettavasti, turvallisesti ja kustannustehokkaasti. Neutralointilaitteisto saavutti sille asetetut tavoitteet muuten, mutta pH:n pitäminen vakaana lähellä arvoa 5,9 vaatii vielä kehitystä. Parantaen lipeänsyötön säätöä ja muita edellä mainittuja ominaisuuksia laitteistosta saadaan toimiva kokonaisuus. Laitteiston toimiva oli turvallista ja se toimi melko luotettavasti. Kustannukset neutraloinnin osalta olivat sitä luokkaa, mitä ennen työn tekoa oli ajateltukin. Kustannukset voivat tosin vaihdella hyvinkin paljon riippuen kemikaloitavista vesimääristä ja kolmeksi kuukaudeksi kerrallaan vahvistetusta lipeän hinnasta.

Työstä saatujen tulosten perusteella voidaan kehittää muille turvetuotantoalueille toimivia neutralointiratkaisuja soveltaen tässä työssä käytettyä neutralointijärjestelmää. Lisäksi tavoitteena on toteuttaa Viransuolle pysyvä ratkaisu neutraloinnista soveltaen koeajossa ollutta laitteistoa. Neutralointi voidaan toteuttaa muillakin kemikaaleilla ja varmasti olisi syytä kokeilla kalkkikivellä neutralointia, mikäli kokeiluun löytyy sopiva kohde ja sopiva laitteisto, että neutralointi voidaan toteuttaa kohtuullisin kustannuksin.

Suurin tekijä neutralointiprosessin toteuttamisessa eri kohteisiin on kustannuskysymys, joka tuleekin miettiä tarkkaan kuinka tarpeellinen neutralointilaitteisto kuhunkin kohteeseen on. Joissakin kohteissa voi olla luonnostaan korkea pH, joka ei vaadi neutralointia tai kohteesta purkautuvat vesimäärät ovat niin pieniä, että niiden hapan kuormitus alapuoliselle vesistölle on hyvin pientä. Neutralointi vaatii myös enemmän työvoimaa ja seurantaa.

Positiivista neutraloinnin tuloksista oli nähdä tiettyjen vedestä mitattavien parametrien, kuten CODMn-, kokonaisfosforin- ja rautapitoisuuksien laskua neutraloinnin jälkeen. Neutraloinnin negatiivinen puoli oli sen sijaan sen flokkeja hajoittava vaikutus, joka näkyi muun muassa veden väriluvussa, sekä silminnähden tarkasteltuna. Neutralointilaitteiston käytettävyyttä oli pääosin hyvää ja neutralointilaitteistoa osaa käyttää lähes kuka tahansa pienellä koulutuksella.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ALASAARELA Erkki ja HEIKKINEN Kaisa. 1988. Happamoituneiden vesistöjen neutralointi: kirjallisuuskatsaus. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.

BERGER, Michael ja Kaukonen Marke-Riitta. 1984. Humus – raakavesiemme erikoisuus. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu.

BRATBY, John. 2006. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. London: IWA Publishing.

KARTTUNEN, Erkki. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y.

Kemira käyttöturvallisuustiedote, Caustic soda 20%.

Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-19]. Saatavissa: <http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf>.

LAKSO Esko, LINDROOS, Sirpa ja WEPPLING Kjell 1989 Neutralointiohjeet happamien sulfaattimaiden valumavesille. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.

LYYTIMÄKI Jari ja HAKALA Harri. 2008. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press Oy.

PEURAVUORI, Juhani. 1993. Humus – luonnon erikoisuus. Turku: Turun yliopisto, kemian laitos.

SEPPÄNEN Harri. 2000. Ympäristönsuojelutekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto Oy.

TASO-hanke. Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-19]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B482AEFDD-91BB-4837-9068-1988A3C09CD6%7D/94655>.

Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje 2013 [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-19] Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B0A662948-2998-46D6-81FC-659DD191EA09%7D/56795>.

Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas 2008[verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-19] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38820/turveopas_02062008_verkko.pdf?sequence=1.

ttl.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-19]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/naoh.html> Polku: ttl.fi. Natriumhydroksidi.

vapo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-19]. Saatavissa: <http://www.vapo.fi/vedenlaadun-perusteet/main.html> Polku: vapo.fi. Vastuullisuus. Turvetuotantoa vastuullisesti. Ympäristökoulutus. Koulutus. Vedenlaadun perusteet-koulutusmateriaali.

Vapo Oy. Etelä-Savon ELY-keskuksen alueella sijaitsevien turvetuotantoalueiden käyttö-, hoito-, kuormitus ja vesistötarkkailuraportti vuodelta 2013 [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-19]. Saatavissa: http://www.vapo.fi/filebank/1971-vapo_etela-savon_suot_2013.pdf.

Vapo 2014, sisäinen raportti.

Vapo 2013, sisäinen raportti.

Vapo 2014, sisäinen raportti.

Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-06] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A7CACB5-3A30-4443-8470-E612AEB5FA%7D/91995>.

VESILAITOSTEKNIikka JA HYGIENIA 2008. 4.painos. Helsinki: Vesi- ja viemärlaitosyhdistys

VTT. VTT:n tiedotteita 2550, Turpeen tuotanto ja käyttö [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-19]. Saatavissa: <http://www2.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2550.pdf>.

VTT. Humusvesi-hanke [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-19]. Saatavissa: http://www.vtt.fi/files/research/technology/humusvesi_hanke_loppuraportt.pdf.

Ymparisto.fi. Viransuon turvetuotantoalueen ympäristölupa ja toiminnanaloittamislupa. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-15] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B0E81C2EB-0416-42C9-AB4E-04B856819FE5%7D/84490>

Ymparisto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-15] Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/PohjoisPohjanmaan_ymparistohistoria/Vesistojen_tilan_kehitys\(15242\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/PohjoisPohjanmaan_ymparistohistoria/Vesistojen_tilan_kehitys(15242)) Polku: ymparisto.fi. Pohjois-Pohjanmaan ympäristöhistoria. Vesistöjen tilan kehitys.

Ymparisto.fi Yleinen käyttökelpoisuusluokitus [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-20]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC1C37484-04C6-43CE-95BF-E30D2BB78A29%7D/78231>.

Ymparisto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-18] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_ravinnekuormitus_ja_luonnon_huuhtouma Polku: ymparisto.fi. Kartat ja tilastot. Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnonhuuhtoumat.

ymparisto.fi. [verkkoaineisto].[viitattu 2015-02-19]. Saatavissa:

[http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B0E81C2EB-0416-42C9-AB4E-](http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B0E81C2EB-0416-42C9-AB4E-04B856819FE5%7D/84490)

[04B856819FE5%7D/84490](http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B0E81C2EB-0416-42C9-AB4E-04B856819FE5%7D/84490) Polku: ymparisto.fi. Asiointi, luvat ja ympäristövaikutusten arviointi. Luvat, ilmoitukset ja rekisteröinti. Ympäristölupa.

Wavin Labko Oy, Viransuon vedenkäsittelyaseman asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet 2011.